
Soumis le : 14 Août 2012
 Forme révisée acceptée le : 18 Octobre 2013
 Email de l'auteur correspondant :
 benaabidate@yahoo.fr

Nature & Technologie

Caractérisation microbiologique des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès et étude de leur impact sur l'environnement

Nour Eddine AMEZIANE et Lahcen BENAABIDATE*

**Laboratoire de Géorressources et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 2202, Route d'Imouzzer Fès, Maroc*

Résumé

Les eaux résiduaires urbaines de la ville de Meknès constituent un réceptacle des effluents provenant des activités diverses, entre autres industrielles, hospitalières, agricoles ... etc ; et ceci sans aucun traitement préalable. L'hôpital Mohammed V est l'un des plus importants établissements de santé publique à avoir des impacts sur ces eaux ; ses effluents sont déversés directement sans aucun traitement préalable dans le réseau d'assainissement de la ville et dégagés à ciel ouvert au niveau du quartier Ain Choubbik. C'est un hôpital très important à l'échelle régionale aussi bien que nationale ; il appartient à la classe 7 selon la classification de l'American Hospital Association [1] reposant sur le nombre de lits actifs, sa capacité litière est de l'ordre de 531 lits dont 416 sont fonctionnels ; d'où l'importance de le choisir comme modèle dans cette étude. L'objectif de cette recherche est de caractériser la pollution bactériologique des effluents de cet hôpital, estimer son intensité en la comparant avec celle d'autres effluents hospitaliers étudiés antérieurement, et puis avec celle des effluents urbains d'Ain Choubbik en vue d'estimer ses impacts sur ceux-ci. En effet les paramètres bactériologiques mesurés et comparés en deux stations : le regard principal des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès et les eaux usées urbaines de Ain Choubbik montrent que le taux de certaines espèces bactériennes dans celles-ci est très élevé par rapport aux effluents hospitaliers, il s'agit des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux ; pour d'autres espèces telles que les spores du clostridium, les germes totaux et les staphylocoques, leur concentration dans l'effluent de l'hôpital Mohamed V de Meknès est plutôt plus élevée par rapport à celle de l'effluent urbain de Ain Choubbik.

Mots clés : Eaux résiduaires urbaines, hôpital Mohamed V, effluents hospitaliers, pollution bactériologique, coliformes, streptocoques, clostridium, germes, staphylocoques.

Abstract

Urban residual waters of the city of Meknes establish a receptacle of effluents resulting from various activities, among others industrial, hospital, agricultural etc.; and this without any preliminary treatment. Mohammed V hospital is one of the most important establishments of public health to have impacts on these waters; its wastewaters are directly discharged in the sewer system of the city without any preliminary treatment and loosened open-air at the level of Ain Choubbik district. It is one of the important hospitals of the region as well as Morocco. It is ranked 7 according to the ranking of American Hospital Association (AHA, 1986) basing on the number of active beds. Its bed capacity is 531; among which 416 are functional. Hence the importance of choose it as model in this study. The objective of this research is to characterize the bacteriological pollution of the wastewaters of this hospital, to estimate its intensity by comparing it with that of the other hospital effluents studied previously, and then with that of the urban effluents of Ain Choubbik to estimate its impacts on these. Indeed the bacteriological parameters measured and compared in two stations: main collector of sewers of the of Mohammed V hospital of Meknes and urban wastewater of Ain Choubbik show that the rate of certain bacterial species in this later station is very high compared to the hospital effluents. it is about total coliforms, fecal coliforms and fecal streptococcus. For other species such as the spores of the clostridium, the total germs, the staphylococcus, their concentration in the effluent of the Mohamed V hospital of Meknès is rather higher compared to that of the urban effluent of Ain Choubik.

Keywords : Urban residual waters, Mohammed V hospital, wastewaters of Mohammed V hospital, bacteriological pollution, coliforms, streptococcus, clostridium, germs, staphylococcus.

1. Introduction

La ville de Meknès est une ville continentale où les ressources en eau sont fortement sollicitées dans la zone périurbaine en raison de leur utilisation pour des activités d'agriculture et d'élevage.

Au Maroc, à l'instar de la plupart des pays africains ou méditerranéens, la pénurie et/ou le coût élevé de l'eau et des engrais font que le recours aux eaux usées brutes pour l'irrigation constitue une alternative de choix par les agriculteurs. C'est une pratique très ancienne à travers le monde [2]. Chaque année, plus de 7000 ha sont irrigués directement par les eaux usées brutes rejetées par les villes, soit environ 70 millions de m³/an d'eaux usées réutilisées en agriculture sans aucun traitement préalable. C'est ainsi que la ville de Meknès occupe la 2^{ème} place à l'échelle du Maroc en ce qui concerne la superficie des cultures irriguées par les eaux usées ; elle est de l'ordre de 1400 ha et elle concerne les céréales, les maraîchages et les arboricultures [3].

Cette pratique a des impacts néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Ces impacts s'accroissent encore lorsque les eaux usées domestiques reçoivent des effluents particuliers comme les effluents hospitaliers. Ceux-ci ont la réputation d'être très dangereux en raison des micro-organismes qu'ils pourraient disséminer ; le danger est plutôt lié à la résistance de certaines bactéries aux antibiotiques. D'autre part, sur le plan quantitatif, un établissement de 1000 lits serait polluant au même degré qu'une ville de 10000 habitants [4].

L'hôpital Mohamed V de Meknès compte parmi les établissements les plus importants de santé publique de toute la région de Meknès-Tafilalet ; ainsi qu'il fait partie des plus grandes structures sanitaires du Maroc. Sa capacité litière réelle est de l'ordre de 531 lits dont 416 sont fonctionnels répartis entre diverses disciplines.

Les effluents de l'hôpital sont déversés dans le réseau d'assainissement de la ville et déversés à ciel ouvert au niveau du quartier Aïn Choubbik, où ils se mélangent avec les eaux usées urbaines sans aucun traitement préalable. Dès lors, ces eaux usées sont réutilisées dans l'irrigation des diverses cultures maraîchères et arboricoles, et ce, le long de leur parcours où elles seront acheminées, durant les périodes pluviales, vers un oued situé en aval (l'oued Bourouh), dont les eaux servent également à l'agriculture mais aussi à l'abreuvement des bétails. En effet la consommation de l'eau infectée par les coliformes fécaux, son utilisation pour la préparation des aliments ou la toilette et même son inhalation sous forme de vapeur ou d'aérosols peut provoquer une infection [5]. Les indicateurs de contamination fécale permettent d'apprécier, avec plus ou moins de sûreté et de précocité,

le risque d'une contamination par des matières fécales pouvant véhiculer des microorganismes pathogènes [6].

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la caractérisation microbiologique des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès et de recherche de ses impacts sur l'environnement et la santé humaine. Ainsi nous avons procédé également à une caractérisation microbiologique des eaux usées de Aïn Choubbik réceptacles de notre effluent hospitalier afin de faire une comparaison et de déduire la nature des impacts si toutefois ceux-ci existent. Les paramètres microbiologiques analysés sont les témoins bactériologiques classiques de pollution fécale à savoir les coliformes totaux, les coliformes thermotolérants (*Escherichia coli*), les Streptocoques fécaux et les spores des *Clostridium* sulfito-réducteurs et les témoins spécifiques provenant des sujets malades ou des porteurs sains ; tels que les staphylocoques, les *Pseudomonas aeruginosa* et les salmonelles (responsables de certaines maladies comme les fièvres typhoïdes, salmonellose systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires) etc.

2. Matériels et méthodes

2.1. Echantillonnage

Cette étude a été réalisée entre janvier et décembre 2010 avec une fréquence d'un prélèvement par mois. Les analyses concernant les pseudomonas et les salmonelles ont été saisonnières (4 fois/an). Les échantillons de l'effluent hospitalier ont été prélevés au niveau du collecteur principal de l'ensemble des regards de l'hôpital (Fig1 [1]). Ceux des eaux résiduaires urbaines de Aïn Choubbik, ont été prélevés juste à la sortie des eaux usées à ciel ouvert (Fig. 1 [2]). Ces deux points sont distants de presque 800 mètres.

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en verre, de 250 mL, stérilisés à l'autoclave (120 °C) durant 15 minutes.

L'effluent hospitalier est susceptible de contenir le chlore en grande quantité, celui-ci peut, au cours du transport, continuer d'exercer son action sur les bactéries présentes et il est nécessaire de le détruire. Ainsi, nous avons ajouté dans les flacons de prélèvement avant leur stérilisation, quelques gouttes de thiosulfate de sodium ; la présence de thiosulfate, aux quantités indiquées, n'est pas gênante pour les analyses bactériologiques d'eau dépourvue de chlore [6].

Les échantillons ont été transportés immédiatement dans une glacière, au laboratoire où ils ont été soumis aussitôt à l'analyse bactériologique, en moins d'une heure.

Etant donné que ces effluents sont pollués, pour cela on a procédé à des dilutions à l'aide de l'eau

physiologique stérile. Nous avons agité énergiquement et longtemps chaque échantillon avant de le diluer, et chaque dilution avant de préparer, à partir d'elle, la dilution suivante [6].

2.2. Méthodes d'analyse

Les méthodes d'analyse utilisées sont données par le tableau suivant (Tab. 1).

L'appareil de filtration utilisé était un réservoir conique, en acier inoxydable [6]. La membrane filtrante était en cellulose dont les pores avaient un diamètre de $0,45\ \mu\text{m}$.

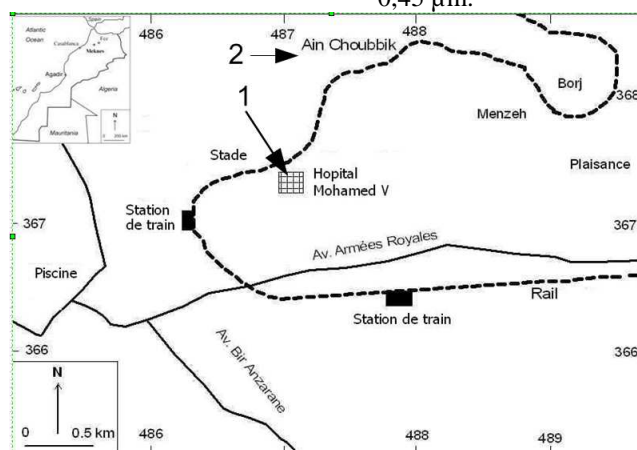


Fig.1 : Localisation de l'hôpital Mohamed V à Meknès

Tableau 1:

Conditions d'incubation, milieux de cultures et protocole d'analyse des germes recherchés

Micro-organismes	Incubation	Milieu de culture	Volume (a)	Méthode d'analyse
Coliformes totaux	37°C pendant 24 h	Gélose lactosée au TTC et	100 mL	Technique de la filtration sur membrane filtrante à $0,45\mu\text{m}$
Coliformes fécaux	44°C pendant 18 à 24 h	au Tergitol		
Streptocoques fécaux	37°C/48h (b)	Slanetz-Bartley		
Staphylocoques	37°C 24-48h	Chapman		
Pseudomonas	42°C/24h	Gélose à la cétrimide	1 mL	Incorporation en gélose
Germes totaux	37°C/24h	PCA		
Clostridium	37°C/ 24-48h	SPS (c)	20 mL	Préenrichissement pendant 24h puis ensemencement et incubation
Salmonelle	Incuber 24h à 42°C puis 24h à 37°C	Rappaport Ensemencement (42°C) puis 2milieux différents: DCL + Hektoen (0,1 mL de culture à 37 °C)	Recherche de salmonelles dans 5 litres	

a [6];

b Pour plus de précision, nous avons transféré la membrane, après 48 heures, sur un nouveau milieu de culture : milieu BEA (Bile Esculine Agar) ; en effet ce milieu nous a permis de lire, après 2 heures à 37°C, des halos noirs [6];

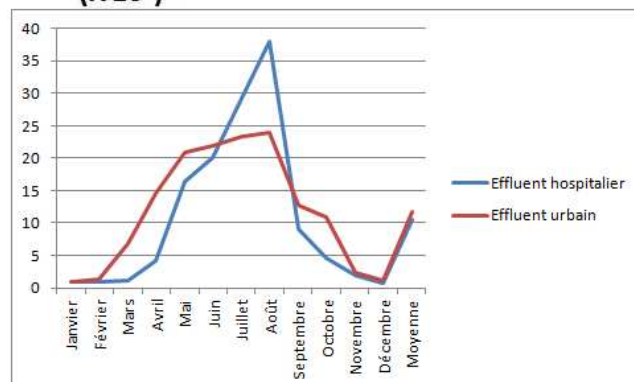
c L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air [6].

3. Résultats et discussions

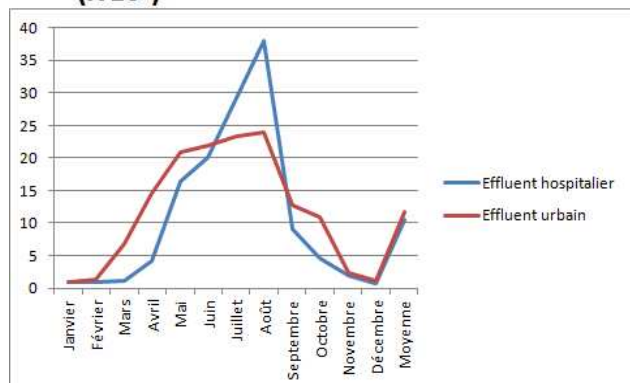
3.1. Résultats

Les résultats de l'analyse microbiologique sont résumés dans les figures ci-dessous (Fig.2 et 3).

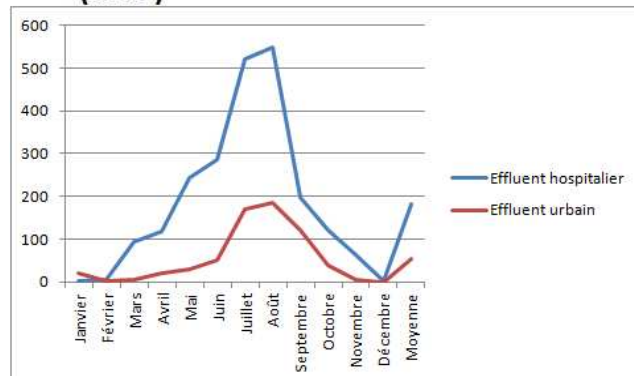
CT (UFC/100 mL)
($\times 10^7$)



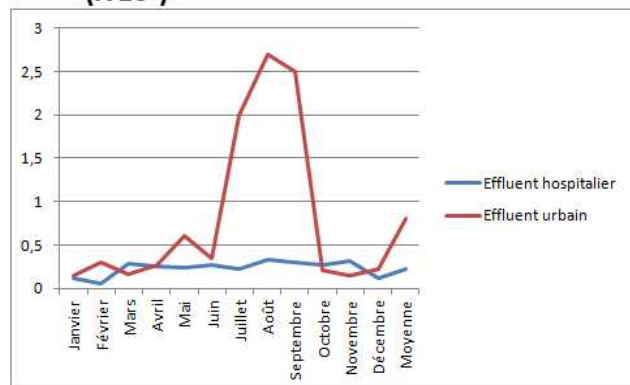
**CF (UFC/100 mL)
(X 10⁷)**



**GT (UFC/100 mL)
(X 10⁷)**



**SF (UFC/100 mL)
(X 10⁷)**



**Clostridium (spores)
(UFC/100 mL) (X 10³)**

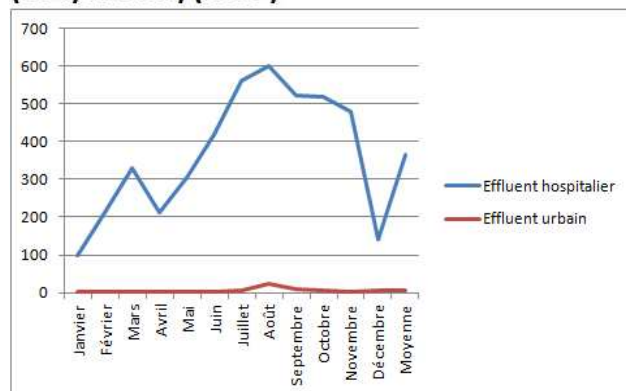
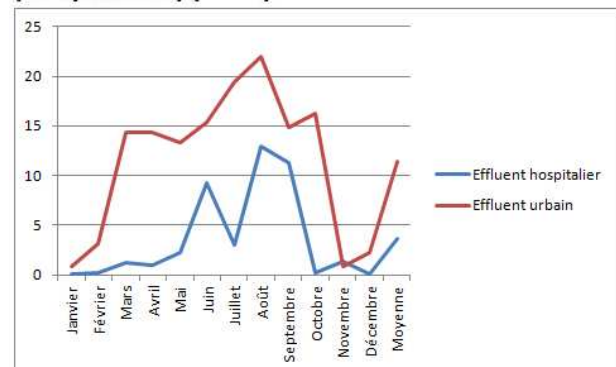


Fig.2 : Variation mensuelle de la concentration des coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF), germes totaux (GT) et clostridium au niveau du collecteur principal de l'hôpital et de Ain Choubbik

**Staphylocoques
(UFC/100 mL) (X 10⁷)**



**Pseudomonas
(UFC/100mL) X (10⁵)**

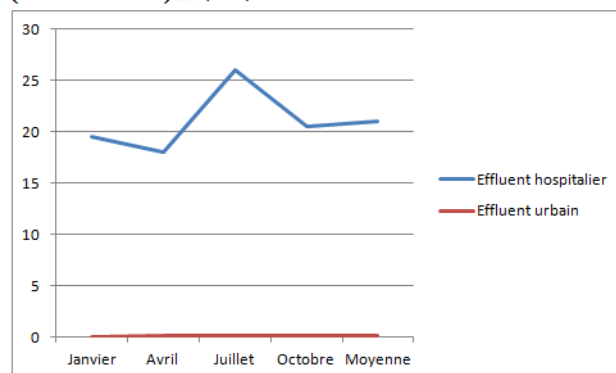


Fig.3 : Variations mensuelle de la concentration des staphylocoques et saisonnière des Pseudomonas au niveau du collecteur principal de l'hôpital et de Ain Choubbik

3.2. Discussions

Témoins bactériologiques classiques de pollution fécale :

La concentration moyenne des coliformes fécaux trouvés au niveau du collecteur principal de l'hôpital Mohamed V de Meknès : $7,44.10^6$ UFC/100 mL est très importante en comparaison avec la concentration de ces germes dans la plupart des effluents hospitaliers rapportée par différentes études. Dans ce cadre par exemple, cette concentration dépasse de loin celles trouvées par [7–8] : 2.10^3 et 2.10^6 coliformes fécaux par 100 mL dans les effluents d'un hôpital d'une grande ville du Sud-Est de la France.

La concentration des coliformes fécaux d'un effluent hospitalier pourrait nous renseigner sur le taux d'écotoxicité de cet effluent. Par ailleurs, [7] a utilisé la concentration en coliformes fécaux comme un indicateur du degré de pollution des eaux par des germes fécaux et l'a considérée comme un indicateur indirect de la présence massive d'antibiotiques et / ou de désinfectants. C'est ainsi qu'on pourrait lier la forte teneur des effluents de l'hôpital Mohamed V de Meknès en coliformes fécaux à une faible présence des antibiotiques et / ou de désinfectants dans ces effluents.

En effet, les médicaments atteignent généralement les effluents hospitaliers par deux voies ; la première est à travers les urines, les fèces et les divers liquides biologiques (sueur, salive, vomissures ...) des patients; la seconde concerne l'élimination des médicaments non utilisés ou périmés à travers les vidoirs et les éviers. Quant à l'hôpital Mohamed V, l'élimination de l'ensemble des produits pharmaceutiques périmés est bien surveillée et se fait hors du réseau d'assainissement [9].

En outre, la présence des produits d'entretien notamment les produits chlorés, dont le plus courant est l'eau de javel, et d'autres produits toxiques tels que les produits désinfectants et antiseptiques qui relèvent des activités de soin, en forte concentration dans les rejets d'un hôpital serait à l'origine de l'atténuation de la concentration de la flore bactérienne [10-11].

Pour l'hôpital Mohamed V, il y a également rejet des produits désinfectants et antiseptiques qui relèvent des activités de soins, mais aussi des produits d'entretien notamment les produits chlorés dont le plus courant est l'eau de javel. Mais il est impossible de déterminer avec exactitude la quantité de l'eau de javel et des détergents-désinfectants consommés dans le domaine du nettoyage, puisque l'entreprise qui prend en charge cette tâche assure simultanément le nettoyage d'un groupe de 3 grands centres hospitaliers.

De plus les hôpitaux sont généralement des grands consommateurs d'eau et cela conduit à une dilution des effluents le long du trajet allant des différents blocs générateurs des déchets bactériologiques jusqu'au

collecteur principal. Par conséquent on assiste à une réduction de concentration de diverses espèces bactériennes étudiées ci-dessus.

Quant à la consommation d'eau au niveau de l'hôpital Mohamed V de Meknès, elle est très réduite. Dans cette optique, le tableau 2 permet de comparer la quantité d'eau consommée par cet hôpital avec celle consommée par d'autres hôpitaux à l'échelle internationale.

Tableau 2 :

Consommation d'eau à l'hôpital Mohamed V et comparaison avec d'autres établissements de santé internationaux

Pays	Demande moyenne en eau (litres/lit/jour)
États-Unis d'Amérique (établissements de santé)	968 [12]
France	750 [13]
Pays en développement	Autour de 500 [14]
Hôpital Mohamed V de Meknès (Moyenne de 2006, 2007 et 2008)	401,63 [9]

La consommation d'eau à l'hôpital Mohamed V de Meknès est faible par rapport à celle des Etats Unis, la France et les pays en développement. Cette faible consommation en eau de cet hôpital donne naissance à de faibles volumes de rejets liquides et donc des effluents moins dilués et, par conséquent, très chargés en micro-organismes pathogènes.

D'autre part, si on compare les valeurs moyennes annuelles de la charge des bactéries témoins classiques de pollution fécale au niveau des effluents de l'hôpital Mohamed V (CT : $10,6.10^7$ UFC/100mL, CF : $7,44.10^6$ UFC/100mL et SF : $2,28.10^6$ UFC/100mL) avec celles des effluents urbains de Ain Choubbik (CT : $11,79.10^7$ UFC/100mL ; CF : $10,5.10^6$ UFC/100mL et SF : 8.10^6 UFC/100mL) et qui sont réceptacles des premiers on constate que ceux-ci sont moins chargés que ceux de Ain Choubbik .

Ces résultats concordent avec les travaux antérieures de [15] et [16], selon lesquels les effluents des établissements de santé seraient globalement moins chargés sur le plan microbiologique que les eaux usées urbaines.

Toutefois les concentrations de C.T et de C.F montrent une évolution inverse durant la période estivale notamment au niveau des effluents hospitaliers, atteignant des concentrations maximales à partir du mois de juin jusqu'au septembre. Cette élévation des concentrations est probablement liée, d'une part à la charge organique marquante en été favorisant ainsi la croissance des germes dans le milieu, et d'autre part au manque de précipitations. Les eaux pluviales contribuent à la dilution du milieu durant les périodes hivernale et printanière et par conséquent une diminution de concentration des

germes (le réseau d'assainissement de la ville de Meknès est un réseau unitaire et non séparatif).

Par ailleurs nous avons mené une autre étude physicochimique [17] sur ces effluent durant presque la même période (décembre 2009 à Novembre 2010) ; elle nous a révélé une évolution des concentrations de la DCO (Demande Chimique en Oxygène) et de la DBO5 (Demande Biochimique en Oxygène durant 5 jours) parallèle à celle des concentrations des C.F et des C.F, c'est-à-dire qu'elle montre des pics durant la période allant de juin à septembre. Cet accroissement très significatif des valeurs de la DCO et de la DBO5 traduit une forte prolifération de la pollution organique de ces effluents.

Ces fluctuations saisonnières intéressantes des C.T au niveau des cours d'eau ont été signalées par d'autres auteurs [18-19-20-22]

Une faible flore au niveau des effluents hospitaliers par rapport aux effluents urbains pourrait également être due à la présence plus ou moins importante de prédateurs bactériens tels que les protozoaires [20]. Le broutage apparaît comme étant le processus prépondérant dans la disparition des bactéries; il représente en moyenne 72 % de la mortalité totale [21].

En outre, au niveau des effluents urbains, il semble que l'équilibre des proportions des différentes espèces bactériennes est comparable à la normale; dans ce cadre on enregistre une concentration en streptocoques fécaux faible par rapport à celle des coliformes fécaux et totaux. Ces résultats concordent avec des travaux antérieurs notamment de [22-23-24-25-19]. Tout cela permet de déduire que les effluents hospitaliers n'arrivent pas à modifier l'équilibre des effluents urbains sur le plan quantitatif de pollution microbiologique, et par conséquent pas d'impacts enregistrés à ce propos.

Cependant, pour les normes marocaines concernant la qualité des eaux destinées à l'irrigation, les coliformes fécaux ne doivent pas dépasser 1000 CF/100 mL pour les cultures consommées crues [26]. Cette valeur norme va de paire avec celle de l'OMS [27]. Cela n'est pas le cas ni pour les effluents de l'hôpital ni pour ceux du quartier Ain Choubbik. En effet ; ces derniers (réceptacles des effluents hospitaliers) qui sont utilisés directement dans l'irrigation comportent une moyenne de $10,5 \cdot 10^6$ UFC/100 mL et cela dépasse largement la valeur norme (10500 fois la valeur norme) ; ce qui constitue une menace majeur pour la santé des consommateurs.

Pour les germes totaux, leur dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution [6]. Leur taux dans les effluents hospitaliers est largement important par rapport à celui des eaux résiduaires urbaines ; cela pourrait être dû à l'enrichissement des effluents hospitaliers en matières organiques. En effet, plus un milieu aquatique est enrichi en matières organiques assimilables, directement (production primaire) ou indirectement (apports d'eaux

usées, par exemple), plus le nombre de germes aérobies mésophiles s'accroît [28].

Cette idée est corroborée par le taux d'oxygène dissous dans les effluents hospitaliers dont la moyenne mesurée pendant cette période d'études était de l'ordre de 0,94 mg/L, très inférieure à celle mesurée au niveau des effluents urbains de Ain Choubbik qui était de l'ordre de 2,22 mg/L. On pourrait dire ainsi que la présence massive de matières organiques dans les effluents hospitaliers engendre un déficit en oxygène dissous.

Pour les Clostridia sulfito-réductrices, c'est un groupe composé de microorganismes anaérobies sporigènes ; présents dans les fèces en bien moins grand nombre qu'*Escherichia coli* ; leurs spores peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et ils résistent à la désinfection [29] ; Cette résistance pourrait expliquer leur concentration dans les effluents hospitaliers qui dépasse celle des effluents urbains.

Témoins bactériologiques spécifiques :

Le danger qui caractérise les effluents hospitaliers c'est la présence des bactéries responsables des infections nosocomiales telles que les *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* (et *Escherichia coli*) etc. et des bactéries polymédicament résistantes aux antibiotiques comme les salmonelles présents dans les rejets humains [30], les staphylocoques, les *Pseudomonas aeruginosa* [31] ou certaines souches typiquement hospitalières. En effet ; un nouveau type de *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline a émergé dans la communauté urbaine au cours de la dernière décennie mais ils sont différents de celui rencontré dans le milieu hospitalier ; c'est ainsi que cette bactérie a été isolée aux Etats-unis, au Canada et en Australie, mais elle est caractérisée par sa résistance principalement aux antibiotiques de la famille des β -lactamines et pas, à la différence des souches hospitalières, à de nombreux autres antibiotiques [32].

Si pour la plupart des chercheurs les eaux hospitalières ne seraient pas davantage polluées que l'eau usée urbaine, les espèces spécifiques telles que les *Pseudomonas aeruginosa* et les staphylocoques pathogènes feraient exception (plus de 10 fois supérieur pour les pseudomonas) [33].

Les résultats concernant les pseudomonas trouvés au niveau des effluents de l'hôpital Mohamed V (Fig. 3) concordent avec ces données. En effet la concentration moyenne de ces germes au niveau des effluents hospitaliers est de l'ordre de $21 \cdot 10^5$ UFC/100 mL tandis qu'au niveau des effluents urbains elle est de l'ordre de $0,1 \cdot 10^5$ UFC/100mL.

Pour ce qui est des staphylocoques, leur concentration dans les effluents de l'hôpital Mohamed V (Fig. 3) qui est de l'ordre de $3,6 \cdot 10^7$ UFC/100mL est beaucoup plus élevée par rapport aux valeurs signalées par [34-30] : $1,2 \cdot 10^5$ UFC/100mL et $2,4$ à $6,08 \cdot 10^2$ UFC/100mL. Cela pourrait s'expliquer par une faible consommation d'eau,

de produits d'entretien, de désinfectants et de détergents par l'hôpital.

Cependant, les salmonelles étaient toujours absentes.

4. Conclusion

Malgré que les effluents de l'hôpital Mohamed V soient relativement moins riches en bactéries témoins classiques de pollution fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) par rapport aux effluents urbains, la contamination fécale de ces effluents serait plus élevée en comparaison avec les autres effluents hospitaliers rapportés par la bibliographie témoignant ainsi d'une faible toxicité des rejets de l'hôpital étudié. En outre, la présence dans ces effluents hospitaliers de concentrations importantes de bactéries témoins spécifiques responsables des infections nosocomiales et polyrésistantes aux antibiotiques telles que les *Pseudomonas* et les staphylocoques constitue un danger potentiel à ne pas négliger.

D'une façon générale, les eaux résiduaires de l'hôpital Mohamed V de Meknès et les eaux usées de Ain Choubbik constituent des exemples concrets des effluents générateurs de fortes dégradations de divers compartiments environnementaux notamment les eaux et les sols.

La loi N° 10-95 [35] sur l'eau relative aux conditions générales de son utilisation, à la lutte contre sa pollution, aux dispositions relatives à l'aménagement et à l'utilisation des eaux à usage agricole et à la constatation des infractions et sanctions ; semble être inapplicable. Pour remédier à cette situation, il faut plutôt recourir à des ressources hydriques alternatives vu la demande en eau croissante pour l'irrigation dans la région de Meknès.

Les campagnes d'analyses bactériologiques réalisées ont permis de déduire que la charge microbiologique des effluents urbains de Ain Choubbik constitue un risque sanitaire potentiellement dangereux notamment dans la mesure où ces effluents sont utilisés pour l'irrigation des cultures susceptibles d'être consommées crues. Elle dépasse largement les normes édictées par l'OMS. Les personnes à risques sont les exploitants maraîchers, leurs enfants et leurs familles, les revendeurs et les consommateurs [36]. Les maladies susceptibles d'être contractées sont les maladies gastro-intestinales, respiratoires et les maladies hydriques en général [36-37-38-39]. Cette pollution pourrait provoquer également une forte dégradation des divers compartiments environnementaux notamment l'eau et le sol.

Références

- [1] AHA : Hospital statistics. American Hospitals Association. Chicago, 250p. 1986.
- [2] J.D. Arnold, J. Stevan : Manuel microbiologique de l'environnement. (OMS), Genève, 1977.
- [3] M. Bzioui : Rapport national sur les ressources en eau au Maroc. U.N. Water-Africa, 44p, 2004.
- [4] HARTEMANN P., HAUTEMANIERE A and JOYEUX M. : La problématique des effluents hospitaliers. Hygiène, Vol. 13, n° 5, pp. 369-374. 2005.
- [5] OMS, Directives de qualité de l'eau de boisson. 2ème (Ed) , Vol. 1, Recommandation, Genève, pp. 8-30, 1994.
- [6] J. Rodier : L'analyse de l'eau. Dunod (Ed), 8ème Ed, 1384 p, 1996. B. Miller, Proc. 6th Australian Electrochem. Conf., Geelong, Vic., 19-24 Feb., 1984; J. Electroanal. Chem., 168 (1984) 91
- [7] E. Emmanuel : Evaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse INSA de Lyon. Spécialité Sciences et Techniques du Déchet, 259 p, 2004.
- [8] E. Emmanuel, Y. Prodin, G. Keck, J.M. Blanchard and P. Vermande : Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluentss discharging into urban sewer network. J. Hazard. Mater, 117 (1). 2005.
- [9] N. Ameziane : La problématique des déchets hospitaliers au niveau de la ville de Meknès (Maroc) entre gestion et impact sur l'environnement et la santé humaine. Mém. DESA, Fac. Sc. Meknès, 2009.
- [10] P. Leprat : Les rejets liquides hospitaliers; quels agents et quelles solutions techniques?. Les assises Nationales QUALIBIO 1998 "Santé et Environnement hospitaliers", Caen, p. 10-13, 1998.
- [11] Metcal and Eddy, Wastewater Engineering : Treatment and reuse. New York: McGraw-Hill Book Company, 3rd (Ed), 303 p, 1991.
- [12] EPA : Preliminary data summary for the hospitals point source category. Office of water regulations and standards, Office of water, United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA 440/1-89/060-n, 76p, 1989.
- [13] Clin Paris-Nord : Elimination des effluents liquides des établissements hospitaliers, recommandations. Institut biomédical des cordeliers, Paris, 74p, 1999.
- [14] J. Laber, H. Raimund, R. Shrestha: Two stage constructed wetland for treating hospital wastewater in Nepal. Wat. Sci. Tech., 40 (3). 1999.
- [15] P. Leprat : Caractéristiques et impacts des rejets liquides hospitaliers. Techniques Hospitalières, Vol 634, pp. 56-57, 1999.
- [16] F. Mansotte : Les rejets des établissements de sante DDAS, Seine-Maritime – Synthèse réalisée et complétée sur la base du travail de F. Lebrun; chargé d'études Environnement – centre hospitalier du Havre – CLIN – Club Environnement, 68 p, 2000.
- [17] N. Ameziane : Déchets hospitaliers entre gestion et impacts sur l'environnement et la santé humaine, cas de l'hôpital Mohamed V de Meknès. Thèse, Discipline : Sciences de la Terre, la Vie et la Matière ; Spécialité : Environnement. Laboratoire d'accueil : Géorressources et Environnement. Faculté des Sciences et Techniques, Fès. Université S Mohamed Ben Abdallah. 235p. 2013.
- [18] J. El Addouli, A. Chahlaoui, A. Berrahou, A. Chafi et A. Ennabili : Approche de la qualité biologique de l'oued Ouislane, au voisinage des effluents bruts de la région de Meknès. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre 2011, pp. 21-33. 2011.
- [19] J. El Addouli, A. Chahlaoui, A. Berrahou, A. Chafi, A. Ennabili et L. Karrouh : Influence des eaux usées, utilisées en irrigation, sur la qualité des eaux de l'oued Bouishak - Région de Meknès (centre-sud du Maroc). Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 3, N°1, pp : 57-75. 2009.
- [20] P. Servais, G. Billen, J.V. Rego: Rate of bacterial mortality in aquatic environments. Appl. Environ. Microbiol, 49 (6). 1985.

- [21] P. Servais, S. Becquevort, F. Vandeveldel : Comparaison de deux méthodes d'estimation du broutage des bactéries par les protozoaires en milieux aquatiques (Courte note). *Revue des Sciences de l'Eau*, 11 (4). 1998.
- [22] R.M. Fernandez-Alvarez, S. Carballo-Cuervo, M.C. De la Rosa-Jorge, J. Rodriguez-De Lecea : The influence of agricultural run-off on bacterial populations in a river. *J. Appl. Bacteriol*, 70. 1991.
- [23] A. Chahlaoui : Etude hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès). Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'état, Fac. Sc. Meknès, 234 p. 1996.
- [24] C. Hunter, J. Perkins, J. Tranter, J. Gunn : Agricultural land-use effects on the indicator bacterial quality of an upland stream in the Derbyshire peak district in the UK. *Water. Res.* 33 (17) : 3577-3586. 1999.
- [25] A. Aboulkacem, A. Chahlaoui, A. Soulaymani, F. Rhazi-Filali, D. Benali : Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), *Remise*, vol1, N°1, p : 10-22. 2007.
- [26] Ministère de l'Équipement et Ministère chargé de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement : Arrêté conjoint N° 1276-01 du 17 octobre 2002 (10 Chabane 1423) portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation. Publié au bulletin officiel n° 5062 du 5 décembre 2002 (30 ramadan 1423). 2002.
- [27] WHO : Health gu of a WHO Scientific Group, Geneva, S idelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Report witzerland, 1989.
- [28] G. Rheinheimer : *Aquatic Microbiology*. 3rd (Ed). John Wiley & Sons, 257p, 1985.
- [29] S. Bernet et M. Fines, Effluents du CHU de Caen : Etudes qualitatives et quantitative de la flore microbienne et recherche de bactéries multirésistantes. Poster, 5ème journée du réseau régional d'hygiène et Basse Normandie, Caen, 2000.
- [30] C. Boillot : Évaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets d'effluents hospitaliers dans les milieux aquatiques. *biologie Contribution à l'amélioration de la phase « caractérisation des effets »*. Thèse INSA de Lyon. Spécialité Sciences de l'environnement industriel et urbain, 301 p, 2008.
- [31] F. Rapt : Evaluation de la qualité microbiologique des eaux résiduaires hospitalières, mémoire de stage de maîtrise BOP option biologie végétale, 1992.
- [32] M.B. Peyrat : Etude de l'influence du nettoyage et de la désinfection et des procédés d'abattage en abattoir de volailles sur niveau de résistance aux antibiotiques des campylobacters. Thèse université de Rennes 1. Ecole doctorale : Vie Agro Santé (VAS), 237p. 2008.
- [33] O. Schlosser : Exposition aux eaux usées et risques microbiologiques, 1999.
- [34] V. Chitnis, S. Chitnis, K. Vaidya, S. Ravikant, S. Patil and D.S. Chitnis : Bacterial population changes in hospital effluent treatment plant in central India. *Water Res.*, Vol. 38, n° 2, pp. 441-447. 2004.
- [35] BO : Bulletin officiel N° 4325 du 20 septembre : Dahir N° 1-95-154 du 16 août 1995 (18 Rabii I 1416), portant promulgation de la loi n° 10-95 sur l'eau. 1995.
- [36] G. Cisse : Impact sanitaire de l'utilisation d'eaux polluées en agriculture urbaine, cas du maraîchage à Ouagadougou (Burkina Faso). Thèse N° 1639. Ecole polytechnique fédérale, Lausanne , 267p. 1997.
- [37] V. Cabeli : Health effects criteria for recreational waters. *Research triangle park, EPA, EPA-600/1-80-031*, 1983.
- [38] A. Pruss : Review of epidemiological studies on health effects from exposure to recreational water, *Int. J. Epidemiol.* 27. 1998.
- [39] R.W. Haile, J.S. White, M. Gold, R. Cressey, C. McGee, R.C. Millikan, A. Glasser, N. Harawa, C. Ervin, P. Harmon, J. Harper, J. Dermand, J. Alamillo, K. Barrett, M. Nides, G.Y. Wang : The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff, *Epidemiology*, 10. 1999.